

機関番号：11301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20592256

研究課題名 (和文) パウダーフローポリッシング法を用いた口腔清掃システムの開発

研究課題名 (英文) Development of new oral cleaning system through the Powder Flow Polishing Method

研究代表者

土井 直洋 (DOI NAOHIRO)

東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：00466533

研究成果の概要 (和文)：本研究は、パウダーフローポリッシング (PFP) 法を応用し、水を全く使わない歯面清掃、また噴射ではなく吸引という新しい発想から、従来のブラッシングに変わりうる新たな歯面清掃システムを開発することを目的とする。修復材料面上における人工プラーク除去実験ならびに顎模型上での人工プラーク除去実験から、本方法による口腔清掃システムの有効性、妥当性が示唆された。本方法は、簡便かつ効果的に口腔ケアを行い得るシステムとして発展が期待される。

研究成果の概要 (英文)：This study aimed to investigate the new oral cleaning system applied the Powder flow Polishing (PFP) method. The experiment of cleaning up artificial plaque showed the validity of the oral cleaning system through the PFP method. Consequently, the possibility of making a new oral care easily and effectively using the PFP method was indicated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・外科系歯学

キーワード：歯面清掃、パウダーフローポリッシング法、口腔用結晶セルロース、マウスピース

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会を迎えた今日、要介護高齢者や、脳血管障害等による嚥下障害患者では、しばしば誤嚥性肺炎に罹患し、重篤な状況に陥ることがある。その感染源として、デンタルプラークが有力視され、口腔清掃の徹底により発症率が減少することが報告されている²⁾。すなわち、口腔清掃は、齲蝕や歯周病の二大疾患の治療や予防のみならず、口腔機能の維持・回復、呼吸器感染症や消化器感染症の予

防、全身の健康にまで大きく関与している。

しかし、健常人においても歯ブラシによる完全な口腔清掃は容易ではなく、高齢者、身体障害者においては、更に困難であると思われる。特に在宅あるいは施設において、介護者が要介護者に対し口腔清掃を継続していくことは、介護者の技術的問題、労力、誤嚥の問題などさまざまあり、容易なことではない。

そこで、cure から care へと歯科医療におけ

るニーズが多様化してきている現状の中で、簡便かつ効果的に口腔ケアを行い得る新たな口腔清掃システムの開発・実用化は、これからの歯科医療、口腔保健を考え、展開していくうえで重要なことと考えられる。

一方、東北大学大学院工学研究科ナノメカニクス専攻ナノ加工学分野の厨川らは、現在精密加工分野で広く用いられているアブレイシブジェット加工の原理を利用したパウダーフローポリッシング法（Powder Flow Polishing：以下 PFP）を開発し、さらに生体為害性の少ない研磨粒子を用いることにより、歯面清掃への応用を提案した。

2. 研究の目的

本研究では、水を全く使わない新たな歯面清掃システムを開発するため PFP 法を用い、噴射ではなく吸引という新しい発想の方法を試み、基礎的検討を行なうことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) In vitro での人工プラーク除去実験

① PFP 装置

本装置は、PFP 法の原理を応用したものである。PFP 法とは、流路内を流れる搬送ガスと、研磨粒子との高速固気 2 相流を基板表面に接触させ、基板表面の除去加工を行うものである。本研究では、基板として歯面を想定し、搬送ガスとして空気を用い、生体為害性の少ない研磨粒子にて歯面上に付着したプラークならびに付着物を除去することを目的とした。実験では、歯面を想定した基板として、スライドガラス 2 枚の間に硬質レジン：ソリデックス（松風）を挟み、厚みが 3 mm で表面が滑沢になるよう圧接して、メーカー指定の条件のもと α -LIGHT II（モリタ東京製作所）で光硬化させた硬質レジンプレートをを用いた。

基板上に装着する実験装置は、基板上に規定のサイズの流路を形成し、研磨粒子を流路内に供給する供給口と、吸引により研磨粒子と空気の 2 相流を発生させるための吸引口を備えたもので、オルソレジン（GC）にて製作した。

まず流路の幅・長さ・間隙を規定するため、基板上に $5 \times 40 \times 0.3$ mm, $5 \times 40 \times 0.5$ mm, $5 \times 40 \times 1.0$ mm の 3 種類のワックス体を圧接し、それを覆うようにオルソレジンを築盛した。オルソレジン硬化後、基板からオルソレジンを分離し、流路内に粒子を送り込む供給口として、内径 2 mm, 長さ 150 mm のウレタンチューブを取り付けた。吸引口として、供給口の中心から 30 mm 離れたところに中央が位置するように内径 4 mm, 長さ 100 mm のウレタンチューブを取り付けた。流路に対する密閉性を確保するため、オルソレジンとプレート

を一体とした状態でスライドガラス上に載せ、周囲を付加型重合シリコン：ラミテック（3M）で封鎖し、実験装置とした。

吸引は、歯科診療用ユニット・シロナ E 1（シーメンス）のバキュームで行った。

研磨粒子の供給は、上皿天秤（東亜計機製作所・感量 100 mg）にて計量した規定量の研磨粒子を、金属バット上に散布し、規定時間内に吸引することにより行った。

② 研磨粒子

本実験では、研磨粒子として、歯科用結晶性セルロース（新東プレーター：以下セルロース）を用いた。粒子は球形であり、平均粒径は $15 \sim 50 \mu\text{m}$ である。使用した結晶性セルロースは、植物の繊維を造粒したもので、無味無臭、化学的に安定で、多量に摂取しても人体にまったく為害性がなく、医薬品や食品添加剤としても使用されているものである。

またセルロースとの比較を行うため、歯科臨床で用いられている炭酸水素ナトリウム、ハイドロキシアパタイト（以下 HA）、を研磨粒子として用い、一部の実験を行った。炭酸水素ナトリウムは、その結晶を主成分とするプロフィージェット用クリーニングパウダー 2（デンツプライ）を用い、平均粒径 $50 \sim 180 \mu\text{m}$, 不定形である。HA（和光純薬工業・高流速タイプ）は、平均粒径 $75 \sim 180 \mu\text{m}$, 球形、ポーラス状である。

セルロース、HA、炭酸水素ナトリウムそれぞれの粒子に白金蒸着を施した後、走査型電子顕微鏡（SEM）（S-2150, 日立）にて観察した像を、図 3 に示す。セルロースの粒径が最も小さく、HA と炭酸水素ナトリウムの粒径はほぼ同じであった。セルロースならびに HA はほぼ球形を示している。

③ 被験試料

被験試料は、硬質レジンにて作成した基板上に、人工プラーク：アートプラーク（日本医療器研究所）をエアブラシ：プロスプレー Mk 2（G S I クレオスホビー）にて均質になるよう塗布し、室温で 5 分間乾燥し調製した。

調製した被験試料を実験装置に、上記の方法で取り付け、以下の各種条件下での人工プラーク除去効果を検討した。

④ 実験条件

・流路の影響について

セルロースの吸引量 1.0 g, 吸引時間 30 秒と固定した条件のもと、流路の間隙（を 0.3 mm, 0.5 mm, 1.0 mm と変化させ、人工プラークの除去状態を観察した。それぞれの条件について各 5 回ずつ試行した。

・研磨粒子の供給量の影響について

流路の間隙 0.3 mm, 吸引時間 30 秒と固定した条件のもと、セルロースの供給量を 0.3 g, 0.5 g, 0.7 g, 1.0 g, 1.5 g,

2.0 gと変化させ、人工プラークの除去状態を観察した。それぞれの条件について各5回ずつ試行した。

・吸引時間の影響について

流路の間隙 0.3 mm, セルロースの供給速度を 2.0 g/60 秒と固定した条件のもと、同一試料に対し 10 秒, 20 秒, 30 秒, 40 秒, 60 秒となるよう吸引時間を加算していき、それぞれの時間ごとに供給を中断し、試料表面の人工プラークの状態を観察した。試料 5 個について行なった。

・研磨粒子による影響について

流路の間隙 0.3 mm, 吸引時間を 30 秒と固定し、供給する研磨粒子をセルロース, 炭酸水素ナトリウム, HA それぞれ 1.0 g と変化させて比較した。それぞれ 5 回試行した。

(2) 人工プラーク除去率の検討

実験により得られた被験試料は、デジタルカメラ: μ DIGITAL800 (オリンパス) を写真スタンドに固定し、無影条件下で、スーパーマクロにてスケールと一緒に写しこむように設定し、規格写真撮影を行なった。

それぞれの条件下で撮影した画像は、パーソナルコンピュータに取り込んだあと、画像解析ソフト Photoshop Ver. 7 (Adobe) にて、写しこんでいるスケールをもとに、45 mm \times 10 mm の同一サイズに切り取り、更に 2 階調化し、ビットマップをそれぞれ作成した。そのデータを面積計算ソフト Area Measure

(programurl) で解析し、45 mm \times 10 mm (面積 450 mm²) 中の除去された部分の比率 A を求め、下記の計算式にて人工プラーク除去面積ならびに流路面積 (200 mm²) に対する人工プラーク除去率を算出した。

除去面積 = A \times 450 mm² (ビットマップ面積)

除去率 (%)

= 除去面積 (mm²) / 200 mm² (流路面積)

各条件における平均値および標準偏差を求め、分析に供した。

(3) 基板表面に対する研磨粒子の影響

① 表面粗さの測定

人工プラーク除去実験後、研磨粒子による基板表面への影響を明らかにするため、各被験試料の基板表面の粗さを、非接触型三次元測定装置 NH-3T (三鷹光器) を用いて測定した。測定部位は、研磨粒子の供給口直下ならびにコントロール部として流路外の基板表面とした。これらをセルロース, 炭酸水素ナトリウム, HA の各研磨粒子について比較検討した。

② SEM による基板表面形状の観察

供給口直下ならびに流路外の基板表面の形状を、試料に白金蒸着を施した後、SEM

(S-2150, HITACHI) にて観察した。セルロース, 炭酸水素ナトリウム, HA それぞれを用いた試料について比較検討した。

(4) 実験装置の吸引圧力の測定

デジタル圧力センサ (KEYENCE) にて、流路間隙 0.3 mm, 0.5 mm, 1.0 mm 時の粉体供給口のゲージ圧をそれぞれ 5 回測定した。

(5) 顎模型上での人工プラーク除去

正常歯列模型 D500 (ニッシン) を用い、上顎左右切歯の人工プラーク除去を試みた。側切歯間歯面の歯頸側 2/3 の範囲に、厚さ 0.3 mm のワックスを圧接し流路間隙とし、右側切歯遠心隣接面部に供給口のチューブを、左側切歯遠心隣接面部に吸引口のチューブを固定するように咬合採得材エグザバイト

(GC) にて実験装置を作製した。密閉性を増すためラミテックにて周囲を封鎖し、セルロースの供給速度を 2.0 g/60 秒, 吸引時間を 60 秒と固定して行った。

(6) 統計解析

統計処理には統計ソフト StatFlex (アーテック) を用いた。群間比較には Kruskal Wallis 検定, 多重比較には Dunn 検定を用いた。有意水準は 0.05 とした。

4. 研究成果

(1) 人工プラーク除去効果

① 流路の影響について

研磨粒子をセルロースとし、供給量 1.0 g, 吸引時間 30 秒とし、流路の間隙を 0.3, 0.5, 1.0 mm とした際の実験終了後の各被験試料と、算出した人工プラーク除去率を示す。

間隙 0.3 mm で最も人工プラークが除去されており、一方、間隙 1.0 mm では除去された面積が少ないことがわかった。流路の間隙 0.3 mm では、除去面積は 170.22 \pm 17.70 mm², 除去率は 77.5% から 99.6%, 平均 85.11 \pm 8.85% であった。間隙 0.5 mm では、除去面積 83.11 \pm 10.22 mm², 除去率 41.55 \pm 5.11%, 間隙 1.0 mm では、除去面積 35.92 \pm 17.79 mm², 除去率 17.96 \pm 8.89% であった。

これら 3 群間の除去面積には有意差 (Kruskal Wallis 検定, $p < 0.05$) が認められた。また多重比較により、間隙 0.3 mm では 1.0 mm と比較して有意に除去面積, 除去率が高いことが示された (Dunn 検定, $p < 0.05$)。

以上より、流路の間隙 0.3 mm の時、最も人工プラークの除去率が高く、しかもかなりの高率で除去されることが明らかとなった。

② 研磨粒子の供給量の影響について

流路の間隙 0.3 mm, セルロースの吸引時間を 30 秒と固定し、供給量を 0.3 g, 0.5 g, 0.7 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g と変化させた際の結果を示す。

セルロース供給量を 0.3 g から 1.0 g へと変化させた場合、除去率は 18.19 \pm 5.07% から 85.11 \pm 8.85% まで直線的に上昇した。1.0 g 以上では、2.0 g まで除去率は大きな変化は認められなかった。

統計学的には、各群間での除去面積に有意

差が存在し (Kruskal Wallis 検定, $p < 0.05$), 多重比較にて 0.3 g と 0.5 g では 1.0 g, 2.0 g よりも有意に低い値を示した (Dunn 検定, $p < 0.05$).

すなわちプラーク除去効果は, 研磨粒子の供給量が多いほど高い傾向を示すことが明らかとなった.

③吸引時間の影響について

流路の間隙を 0.3 mm, セルロースの供給速度を 2.0 g/分とした固定条件のもと, 吸引時間を変化させた際の除去率の結果を示す.

吸引時間 10 秒では平均除去率は $23.82 \pm 6.43\%$ であり, 20 秒, 30 秒, 40 秒, 60 秒ではそれぞれ $56.49 \pm 4.17\%$, $70.24 \pm 5.56\%$, $77.86 \pm 1.32\%$, $89.70 \pm 4.25\%$ と時間とともにしだいに除去率が上昇する結果が得られた. 30 秒以降は, より緩やかな上昇となっている.

統計学的には, 群間での有意差が認められ (Kruskal Wallis 検定, $p < 0.05$), 多重比較にて 10 秒に比較し, 40 秒, 60 秒では有意に高い値を示した (Dunn 検定, $p < 0.05$). すなわち, プラーク除去効果は吸引時間に伴い向上することが示された.

④研磨粒子による影響について

流路の間隙を 0.3 mm, 吸引時間 30 秒とし, 研磨粒子をセルロース, 炭酸水素ナトリウム, HA それぞれ 1.0 g と変化させた際の結果を示す.

人工プラーク除去率は, セルロースでは $81.18 \pm 6.72\%$, 炭酸水素ナトリウムで $76.43 \pm 3.63\%$, HA で $82.40 \pm 2.00\%$ であった. 炭酸水素ナトリウムがやや低い除去率を示したが, 3 群間に統計学的有意差は認められなかった (Kruskal Wallis 検定: $p > 0.05$).

(2) 基板表面に対する研磨粒子の影響

①表面粗さの検討

非接触型三次元測定装置 NH-3T (三鷹光器) による基板表面粗さ測定の結果, コントロール部の粗さと比較した供給口直下の表面粗さは, セルロースと HA の場合では差が認められなかったが, 炭酸水素ナトリウムではコントロール部 ($R_a = 0.0196$) と比べ供給口直下の表面粗さ ($R_a = 0.328$) は高い値を示した.

②SEMによる表面形状の観察

SEM による観察では, 炭酸水素ナトリウムの供給口直下では, コントロール部, セルロース, HA と比較し, 明らかな粗造面を示した.

すなわち炭酸水素ナトリウムを研磨粒子として用いた場合, 硬質レジン基板の表面が除去加工効果を受けていることが示された.

(3) 装置の吸引圧について

流路間隙を 0.3, 0.5, 1.0 mm とした際の粉体供給口のゲージ圧測定結果を表 1 に示す. それぞれ 5 回測定しているが, すべて同じ値を示した. 流路間隙が大きくなるほど,

吸引圧 (負圧) も増していた.

(4) 顎模型上での人工プラーク除去効果

顎模型上で, 研磨粒子をセルロースとし, 流路の間隙を 0.3 mm, セルロースの供給速度を 2.0 g/分とし, 60 秒吸引した際のプラーク除去結果を示す.

基礎実験と同様, 供給口の方は, チューブの内径のとおり丸くくっきりと除去されているがその周囲はあまり除去されず, 吸引口の方は隣接面部を含んで側切歯までのプラークが広範囲に除去されていた.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

1. Y Ina, Y Hagiwara, Y Saijo, A Ando, S Sato, K Ando, N Shiraishi, Y Suzuki, N Yoda, T Kuwana, N Doi, K Hatori, K Sasaki, Increase of The Elasticity of Mandibular Condylar Cartilage during Development. 2009 IADR General Session Exhibition, 2009 年 4 月 3 日、Miami (USA)
2. Kouki Hatori, Yoshihiro Hagiwara, Yoshifumi Saijo, Akira Ando, Yoshinori Ina, Koji Ando, Naru Shiraishi, Naohiro Doi, Yuko Suzuki, and Keiichi Sasaki, THE CHANGES OF ELASTIC PROPERTIES OF PERIODONTAL LIGAMENT AND MANDIBULAR CONDYLAR CARTILAGE DURING DEVELOPMENT. 30th International Acoustical Imaging Symposium, 2009 年 3 月 1 日、California (USA)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土井 直洋 (DOI NAOHIRO)

東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：00466533

(2) 研究分担者

佐々木 啓一 (SASAKI KEIICHI)

東北大学・大学院歯学研究科・教授

研究者番号：30178644

小川 徹 (OGAWA TORU)

東北大学・病院・助教

研究者番号：50372321

埴 総司 (HANAWA SOSI)

東北大学・病院・助教

研究者番号：90431585

厨川 常元 (KURIYAGAWA TUNEMOTO)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90170092

(3) 連携研究者

()

研究者番号：